Wyznaczenie parametrów równania triody

odczytujemy dwa punkty dla I=0

$Vcop1 := 300$ $\quad Vcog1 := -5$ $\quad Pad := 1$

$Vcop2 := 0$ $\quad Vcog2 := -0.5$

odczytujemy dwa punkty dla stałego napiecia sieci np. Vs= -1v:

$Vp1 := 100$ $\quad Ip1 := 0.85$

$Vp2 := 200$ $\quad Ip2 := 2.9$

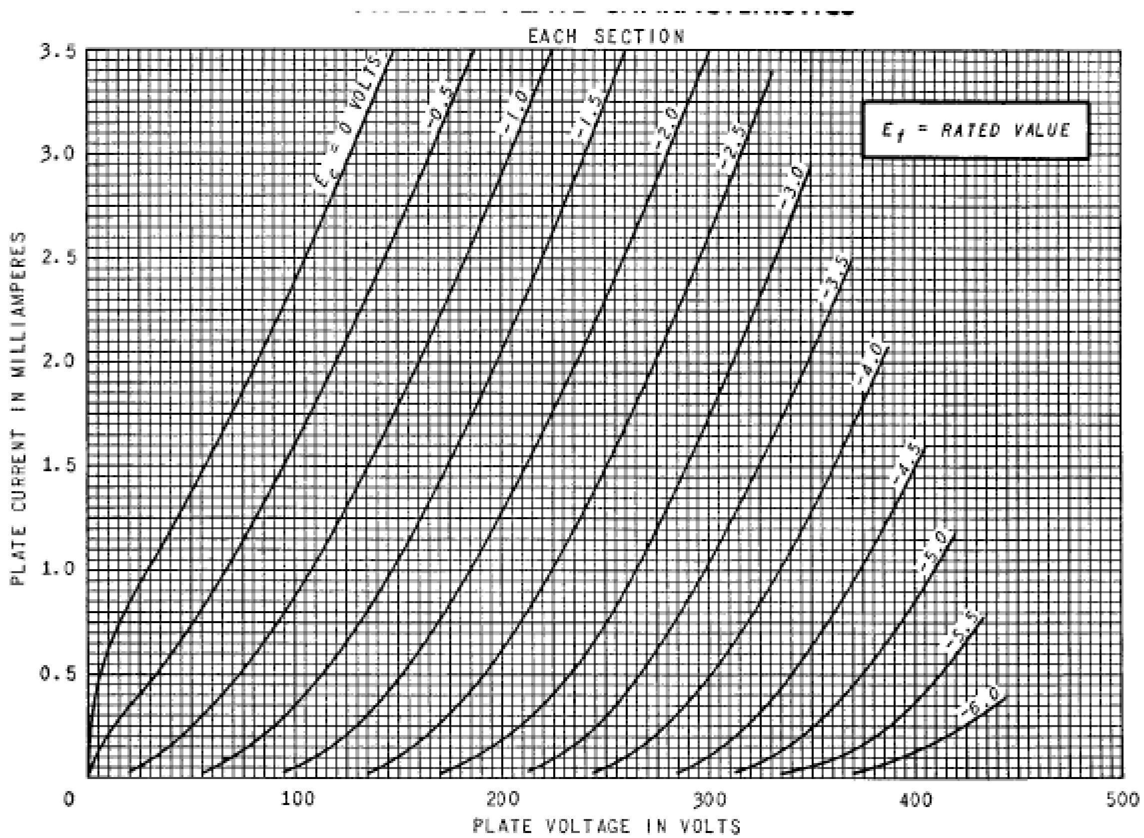
$$Aco := \frac{Vcop1 - Vcop2}{Vcog1 - Vcog2} \qquad Aco = -66.667$$

$$Bco := Vcop1 + 1 \cdot -Aco \cdot Vcog1 \qquad Bco = -33.333$$

$$Ecoff(Vg) := Aco \cdot Vg + Bco$$

$$A := \frac{\log(Ip1 \div Ip2)}{\log\left(\frac{Vp1 - Ecoff(-1)}{Vp2 - Ecoff(-1)}\right)} \qquad A = 1.339$$

$$Ka := \frac{Ip1}{(Vp1 - Ecoff(-1))^{A}} \qquad Ka = 3.066 \times 10^{-3}$$



$RL := 100000 \cdot ohm$

$Cga := 1.52 \cdot pF$

$Cgk := 1.52 \cdot pF$

$Cak := 1 \cdot pF$

klasyczne równanie triody $Ip(Vp, Vg) := Ka \cdot (Vp - Ecoff(Vg))^{A}$

pochodne : Nachylenie charakterystyki $Sa(Vp, Vg) := \frac{d}{dVg} Ip(Vp, Vg)$

Rezystancja wewnętrzna $\rho a(Vp, Vg) := \left(\frac{d}{dVp} Ip(Vp, Vg)\right)^{-1}$

Przyjmujemy rezystor anody i napięcie zasilania $Ra0 := 100000$ $Vt := 300$

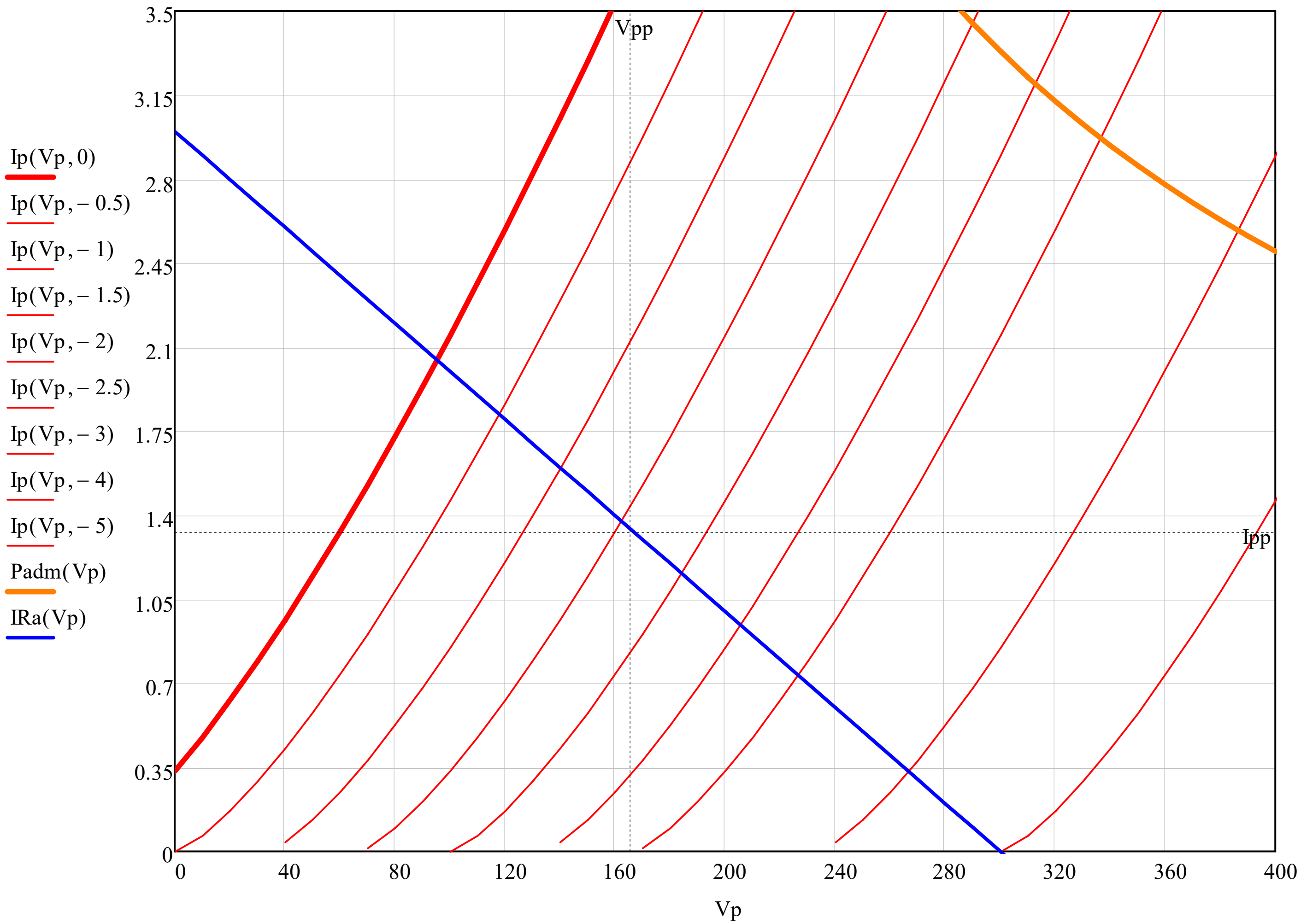
$Io := \frac{Vt \cdot 1000}{Ra0}$ $Io = 3$

równanie prostej obciążenia $IRa(Vp) := \left(\frac{Io}{-Vt}\right) \cdot Vp + Io$

$$y = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} x + \left(y_A - \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} \cdot x_A\right)$$

Kreślimy krzywe Ip w zależności od napięcia anody Vp przy stałym napięciu sieci Vg=const.
kreslimy prostą obciążenia
kreślimy krzywą mocy admisyjnej Padm(Vp)

$Vp := 0, 10 .. 500$ $Vg := 0, -0.1 .. -5$ $Padm(Vp) := Pad \cdot \frac{1000}{Vp}$



z wykresu powyżej wybieramy napięcie sieci Vso: Vps to start poszukiwania rozwiązania Ip(Vp0)-Ira(Vps)=0

$Vs0 := -1.6$ $Vps := 120$

Dla założonego Ra i napiecia zasilania oraz wybranego napiecia sieci Vs0 znajdujemy napięcie Vp0 i prąd Ip0 anody:

Given

$$Ip(Vps, Vs0) - IRa(Vps) = 0$$

$Vp0 := Find(Vps)$ $\quad Vp0 = 166.646$ $\quad Vpp \equiv 166$

$Ip0 := Ip(Vp0, Vs0)$ $\quad Ip0 = 1.334$ $\quad Ipp \equiv 1.334$

Vpp i Ipp jako stałe globalne do oznaczenia markerów na pow. wykresie

Parametry triody:

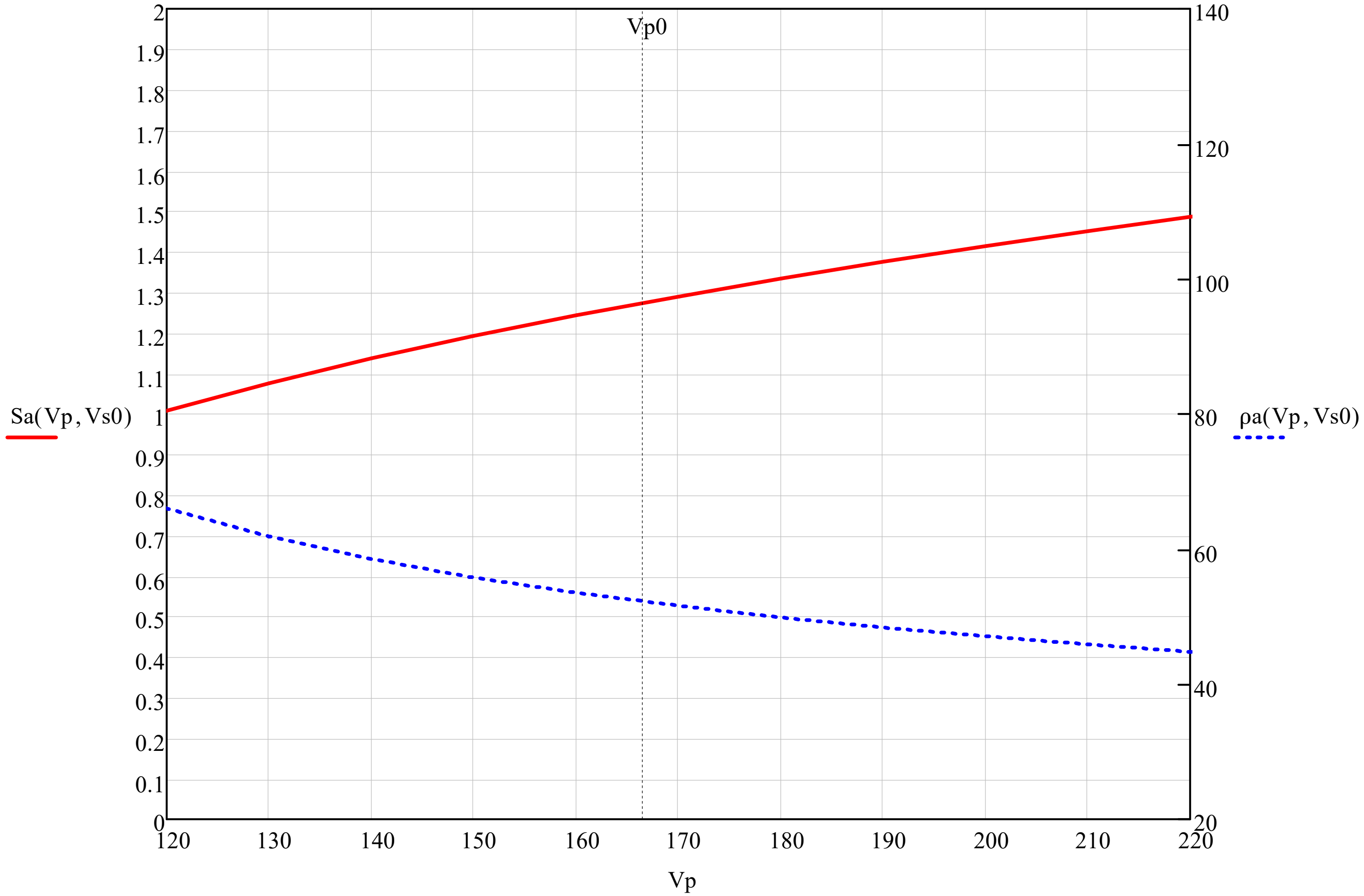
$Sa(Vp0, Vs0) = 1.276$ $\quad Sa0 := Sa(Vp0, Vs0)$

$\rho a(Vp0, Vs0) = 52.245$ $\quad \rho a0 := \rho a(Vp0, Vs0)$

$$Ka := Sa(Vp0, Vs0) \cdot \rho a(Vp0, Vs0)$$

$$Ka = 66.667$$

Rezystor katody dla Vs0 i Ip0: $\quad Rk0 := \frac{-Vs0 \cdot 1000}{Ip0}$ $\quad Rk0 = 1.2 \times 10^{3}$



Do obliczen AC przyjmujemy:

$Rk := Rk0 \cdot ohm$ $\qquad Rk = 1.2 \times 10^{3}\,\Omega$

$Ra := Ra0 \cdot ohm$ $\qquad Ra = 1 \times 10^{5}\,\Omega$

$S := Sa0 \cdot \frac{mA}{V}$ $\qquad S = 1.276 \times 10^{-3}\,\frac{1}{\Omega}$

$Ri := \rho a0 \cdot 1000 \cdot ohm$ $\qquad Ri = 5.224 \times 10^{4}\,\Omega$

$$ZCin(f) := \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot Cin}$$

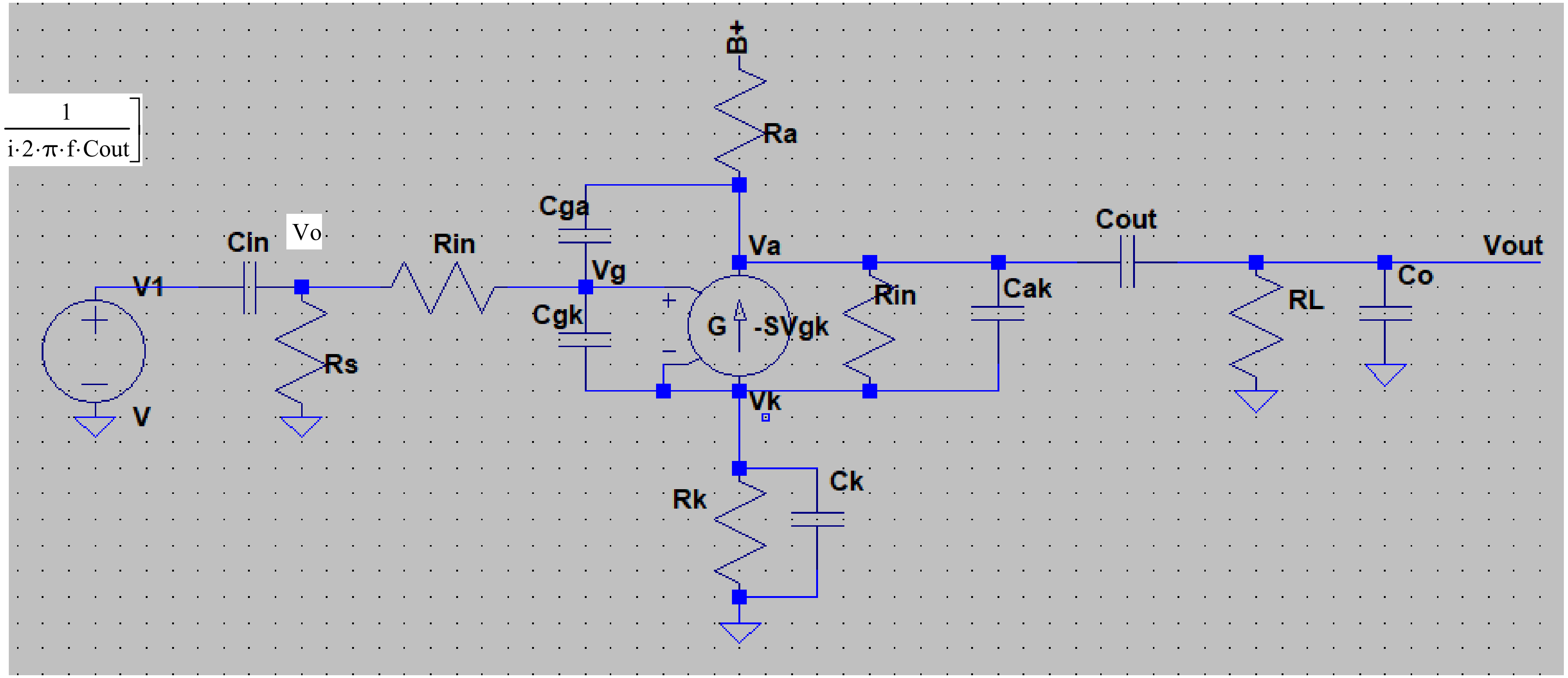
$$Zout(f) := \left[\frac{RL}{1 + i \cdot (2\pi \cdot f) \cdot RL \cdot Co} + \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot Cout}\right]$$

$$Zk(f) := \left[\frac{Rk}{1 + i \cdot (2\pi \cdot f) \cdot Rk \cdot Ck}\right]$$

$$Zi(f) := \left[\frac{Ri}{1 + i \cdot (2\pi \cdot f) \cdot Ri \cdot Cak}\right]$$

$$Zga(f) := \left(\frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot Cga}\right)$$

$$Zgk(f) := \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot Cgk}$$



$$Z(f) := \begin{bmatrix} 0 & 0 & \left(\frac{-1}{Rin}\right) & \left(\frac{1}{ZCin(f)} + \frac{1}{Rs} + \frac{1}{Rin}\right) \\ \left(\frac{-1}{Zga(f)}\right) & \left(\frac{-1}{Zgk(f)}\right) & \left(\frac{1}{Rin} + \frac{1}{Zga(f)} + \frac{1}{Zgk(f)}\right) & \left(\frac{-1}{Rin}\right) \\ \left(\frac{1}{Zout(f)} + \frac{1}{Ra} + \frac{1}{Zga(f)} + \frac{1}{Zi(f)}\right) & \left(\frac{-1}{Zi(f)} - S\right) & \left(\frac{-1}{Zga(f)} + S\right) & 0 \\ \left(\frac{-1}{Zi(f)}\right) & \left(S + \frac{1}{Zgk(f)} + \frac{1}{Zk(f)} + \frac{1}{Zi(f)}\right) & \left(\frac{-1}{Zgk(f)} - S\right) & 0 \end{bmatrix}$$

$$D(f) := \begin{pmatrix} \frac{-1}{ZCin(f)} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$wyn(f) := Z(f)^{-1} \cdot D(f)$$

$$ZRLCo(f) := \frac{RL}{1 + i\cdot 2\cdot \pi\cdot f\cdot RL\cdot Co}$$

$$ZCout(f) := \frac{1}{i\cdot 2\cdot \pi\cdot f\cdot Cout}$$

$$Rout(f) := \frac{ZRLCo(f)}{ZRLCo(f) + ZCout(f)}$$

$$Vout(f) := wyn(f)_{0,0}\cdot Rout(f)$$

$$M(f) := 20\cdot \log(|Vout(f)|)$$

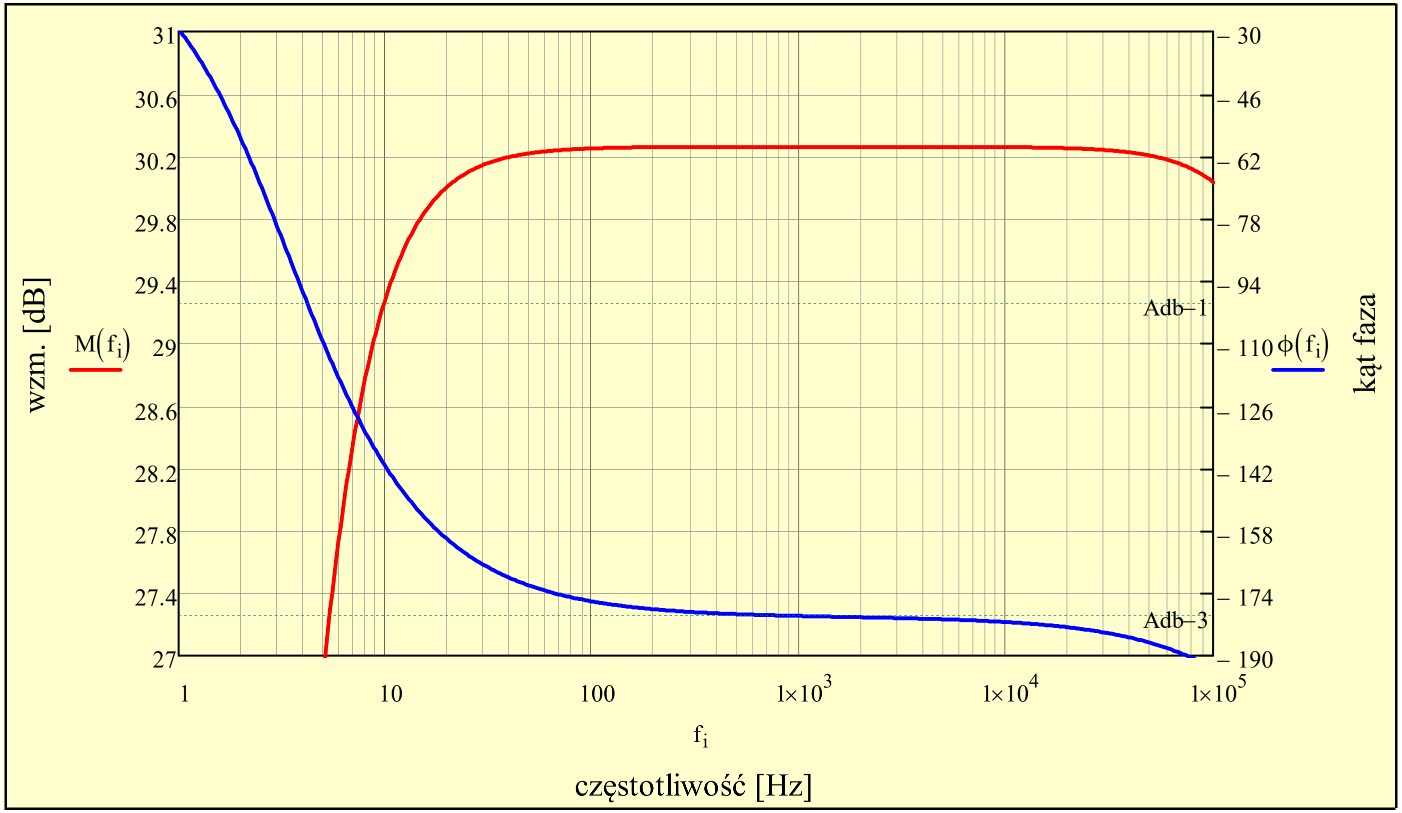
$$\phi(f) := \frac{180}{\pi} arg(Vout(f)) - 180$$

$N := 500$ $\quad$ $i := 0..N-1$ $\quad$ $fstart := 1Hz$ $\quad$ $fstop := 100000\cdot Hz$

$$f_i := fstart\cdot \left(\frac{fstop}{fstart}\right)^{\frac{i}{N-1}}$$

$Adb := M(1000Hz)$ $\quad$ $|Vout(1000Hz)| = 32.597$

$Adb = 30.264$



wzm. [dB]
M(f_i)
31
30.6
30.2
29.8
29.4
29
28.6
28.2
27.8
27.4
27
– 30
– 46
– 62
– 78
– 94
– 110
– 126
– 142
– 158
– 174
– 190
Adb−1
Adb−3
ϕ(f_i)
kąt faza
1
10
100
1×10^3
1×10^4
1×10^5
f_i
częstotliwość [Hz]

Cin ≡ 0.47μF   Rs ≡ 100kΩ   Rin ≡ 1kΩ

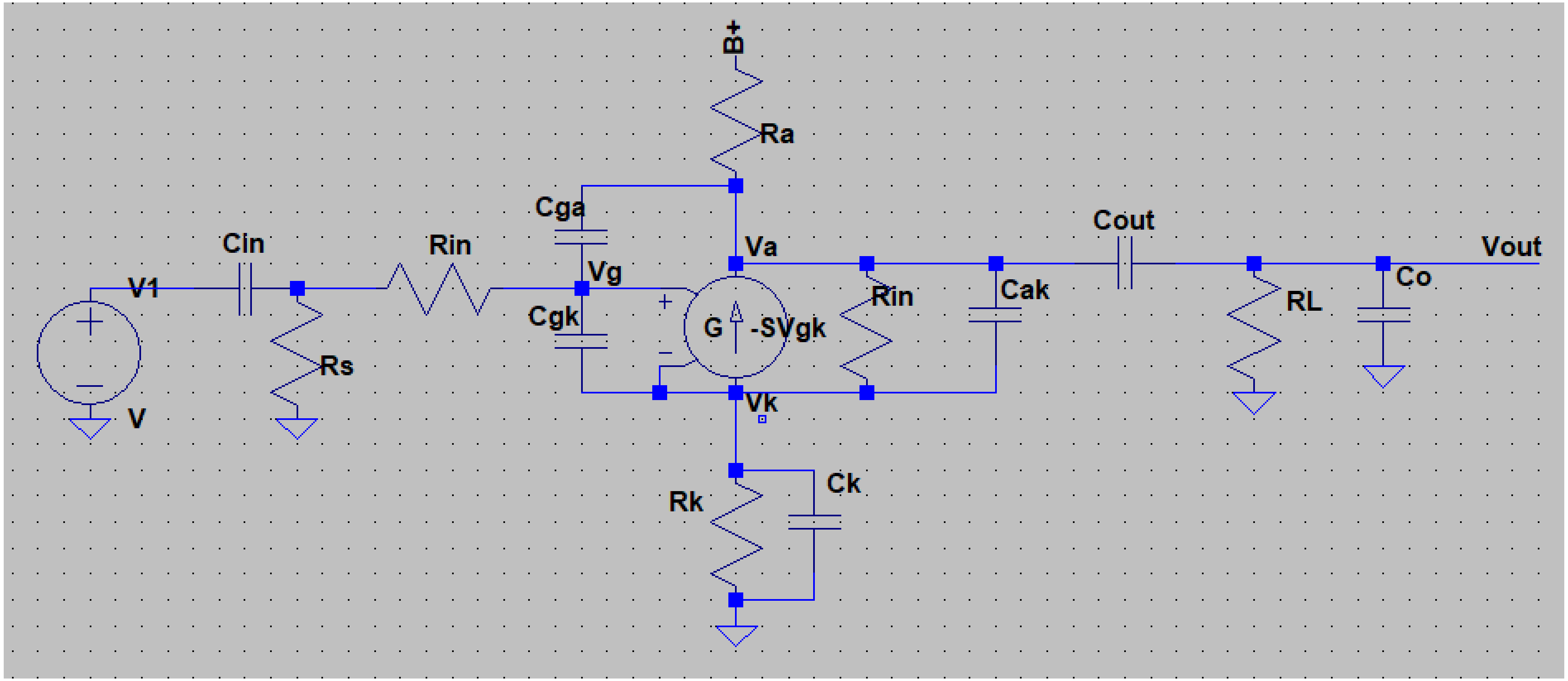
$Ra = 1 \times 10^{5}\ \Omega$

Ck ≡ 100·μF

$Rk = 1.2 \times 10^{3}\ \Omega$

Cout ≡ 0.47μF   Co ≡ 10pF

$RL = 1 \times 10^{5}\ \Omega$

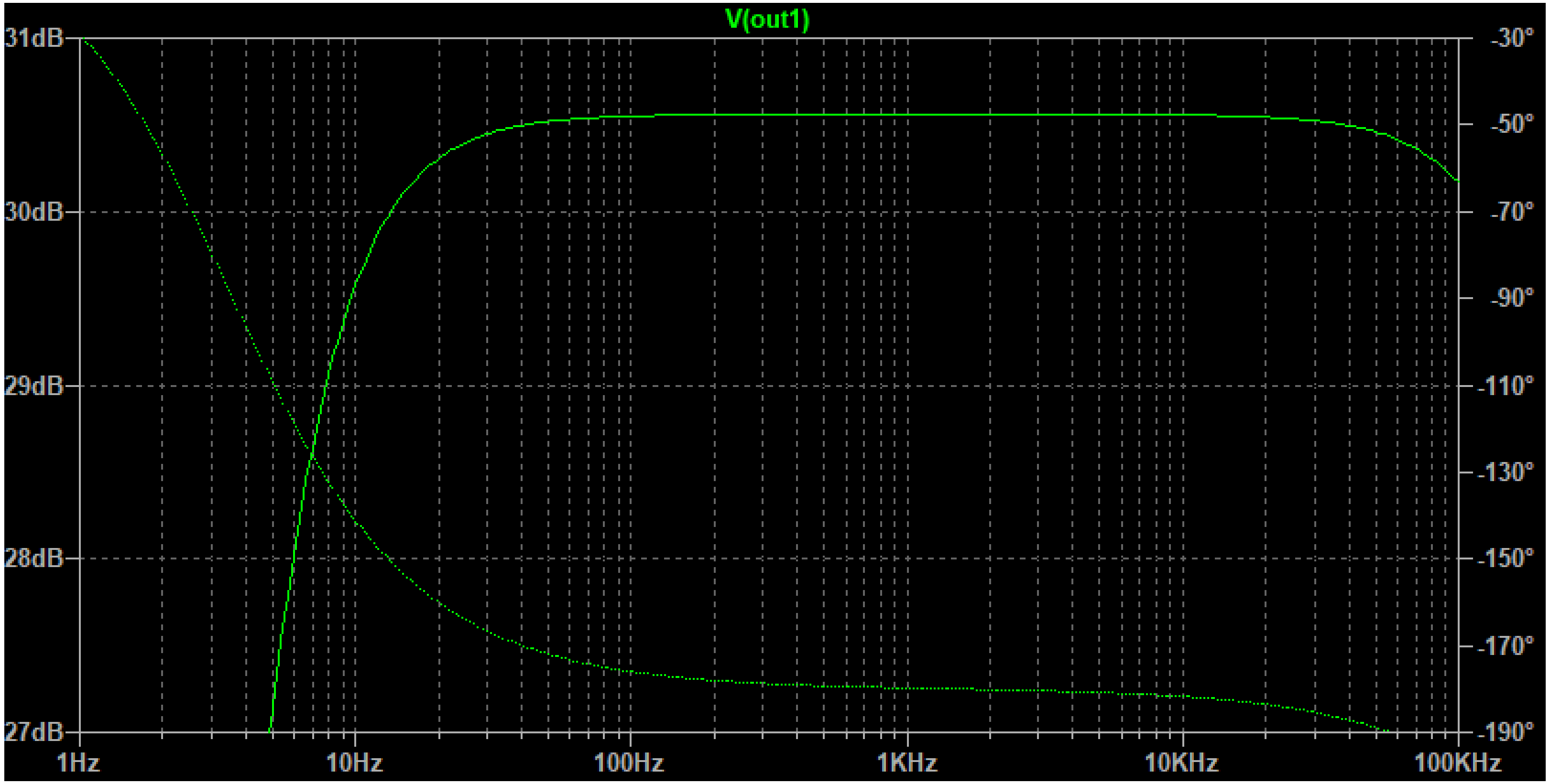


$$0]\ Va*0+Vk*0+Vg\left(\frac{-1}{Rin}\right)+Vo\left(\frac{1}{ZCin}+\frac{1}{Rs}+\frac{1}{Rin}\right)=\frac{-Vin}{ZCin}$$

$$1]\ Va\left(\frac{-1}{Zga}\right)+Vk\left(\frac{-1}{Zgk}\right)+Vg\left(\frac{1}{Rin}+\frac{1}{Zga}+\frac{1}{Zgk}\right)+Vo\left(\frac{-1}{Rin}\right)=0$$

$$2]\ Va\left(\frac{1}{Ra}+\frac{1}{Zga}+\frac{1}{Zi}+\frac{1}{Zout}\right)+Vk\left(\frac{-1}{Zi}-S\right)+Vg\left(\frac{-1}{Zga}+S\right)+Vo*0=0$$

$$3]\ Va\left(\frac{-1}{Zi}\right)+Vk\left(\frac{1}{Zgk}+\frac{1}{Zk}+\frac{1}{Zi}+S\right)+Vg\left(\frac{-1}{Zgk}-S\right)+Vo*0=0$$


V(out1)
31dB
30dB
29dB
28dB
27dB
-30°
-50°
-70°
-90°
-110°
-130°
-150°
-170°
-190°
1Hz
10Hz
100Hz
1KHz
10KHz
100KHz